

**Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ  
ΣΧΟΛΗ Σ.Τ.Ε.Φ.  
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ**

## **ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΘΕΜΑ :«Σχεδιασμός, κατασκευή και έλεγχος συσκευής προσδιορισμού  
αεροπεριεκτικότητας με την μέθοδο της πίεσης, του νωπού  
πρότυπα συμπυκνωμένου σκυροδέματος,  
(ASTM C231-97), (CEN/TC 104)»**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΑ: Δέδε Αναστασία (Α.Μ. 27006)  
ΕΙΣΗΓΗΤΕΣ: Α. Φ. Φωτόπουλος, Φ. Α. Φωτόπουλος  
ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΕΣ: Ν. Νικολάου, Α. Φωτόπουλος**

**ΠΕΙΡΑΙΑΣ  
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2005**

---

**ΘΕΜΑ** : «Σχεδιασμός, κατασκευή και έλεγχος συσκευής προσδιορισμού αεροπεριεκτικότητας με την μέθοδο της πίεσης, του νωπού πρότυπα συμπυκνωμένου σκυροδέματος »

## **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Σκοπός της παρούσης πτυχιακής εργασίας είναι να κατασκευαστεί συσκευή αεροπεριεκτικότητας και να ελεγχθεί σε σύγκριση με συσκευή αεροπεριεκτικότητας του εμπορίου.

Η συσκευή προσδιορισμού της αεροπεριεκτικότητας νωπού πρότυπα συμπυκνωμένου σκυροδέματος σχεδιάστηκε έχοντας ως πρότυπο την συσκευή του εργαστηρίου Π.Ε.Τ.ΥΛ. του Τ.Ε.Ι. Πειραιά.

Δόθηκε ιδιαίτερη προσοχή στην στεγανοποίηση των τμημάτων της συσκευής. Στο κάτω μέρος του καπακιού υπάρχει περιμετρικά αυλάκι με o-ring στεγανοποίησης, ομοίως στην εσωτερική και εξωτερική πλευρά του αλουμινένιου εμβόλου που στεγανοποιεί τον χώρο συμπίεσης αλλά παράλληλα επιτρέπεται η μετακίνηση του με τους τρεις οδηγούς κοχλίες. Επίσης υπολογίστηκε με ακρίβεια η διάμετρος των μεταλλόβιδων, που βρίσκονται στην φλάντζα στο καπάκι, ώστε να αντέχουν την πίεση που εφαρμόζεται καθώς και των οδηγών κοχλιών.

Στο κάτω μέρος του καπακιού δημιουργήθηκαν δυο αυλάκια με ανοδική κλίση που καταλήγουν στα σημεία των δυο βανών, απ' όπου γίνεται η πλήρωση των κενών με νερό, με αποτέλεσμα να μην εγκλωβίζεται αέρας.

Το clips συγκρατήσεως των δυο τμημάτων της συσκευής ήταν αρχικά τρία αλλά στο πρώτο πείραμα δεν άντεξαν την πίεση, έσπασε το ένα, γι' αυτό αντικαταστάθηκαν από τέσσερα clips ανοξειδωτα ρυθμιζόμενα. Η βαθμονόμηση του όγκου του κυλινδρικού δοχείου έγινε στο εργαστήριο ποιοτικού ελέγχου και τεχνολογίας υλικών του Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ όπως και η βαθμονόμηση του μανομέτρου δημιουργώντας την καμπύλη αντιστοιχίας πίεσης (Atm) και αεροπεριεκτικότητας επί τοις εκατό κατ' όγκο.

Η συσκευή ελέγχθηκε στο εργοστάσιο παραγωγής ετοίμου σκυροδέματος ΕΡΓΑΝΗ Α.Ε σε σύγκριση με την συσκευή του εργοστασίου. Η απόκλιση των τιμών ήταν της τάξης του 0,02%.

**ΑΦΙΕΡΩΣΗ:** “Η πτυχιακή αυτή είναι αφιερωμένη στην οικογένειά μου και σε όσους συμμετείχαν και προσέφεραν για την ολοκλήρωσή της”.

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η πτυχιακή αυτή εργασία εκπονήθηκε σύμφωνα με το άρθρο 16 του "Κανονισμού Σπουδών των Τ.Ε.Ι.". (Φ.Ε.Κ. 861/Α/21-5-99) και αποτελεί προϋπόθεση για την απόκτηση πτυχίου. Για την τεκμηρίωση και την παρουσίαση εφαρμόστηκε η σχετική μεθοδολογία που έχει αναπτυχθεί για την συγγραφή των πτυχιακών του εργαστηριακού Ελέγχου Ποιότητας και Τεχνολογίας Υλικών (Π.Ε.Τ.ΥΛ.) του Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ.

Το θέμα της πτυχιακής εργασίας επιλέχθηκε μετά από προσυμφωνία του εργαστηρίου Π.Ε.Τ.ΥΛ. του Τ.Ε.Ι., ΠΕΙΡΑΙΑ και της εταιρείας ΕΡΓΑΝΗ Α.Ε. στο Βύρωνα, υποβλήθηκε και εγκρίθηκε από το τμήμα Πολιτικών Δομικών Έργων της ΣΤΕΦ του Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ.

Σκοπός της εργασίας αυτής ήταν:

Η σχεδίαση και κατασκευή συσκευής αεροπεριεκτικότητας νωπού πρότυπα συμπυκνωμένου σκυροδέματος με την μέθοδο της πίεσης που να καλύπτει κατά το δυνατόν όλες τις απαιτήσεις και του Αμερικανικού προτύπου ASTM C231 και του Ευρωπαϊκού CEN/TC 104.

Η πραγματοποίηση βαθμονόμησης της συσκευής και μερική εσωτερική διακρίβωση χωρίς ιχνηλασιμότητα σε διεθνή πρότυπα στο εργαστήριο Π.Ε.Τ.ΥΛ. του Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ.

Η εφαρμογή σε προσδιορισμό αεροπεριεκτικότητας με εργαστηριακές δοκιμές σύγκρισης με άλλη συσκευή ίδιας μεθόδου στο εργοστάσιο ετοιμού σκυροδέματος της ΕΡΓΑΝΗ Α.Ε.

Το πειραματικό μέρος της πτυχιακής αυτής εργασίας πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο Ελέγχου Ποιότητας και Τεχνολογίας Υλικών (Π.Ε.Τ.ΥΛ.) του Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ καθώς και στο αντίστοιχο εργαστήριο του εργοστασίου ετοιμού σκυροδέματος ΕΡΓΑΝΗ Α.Ε. στο Βύρωνα.

Όλες οι πειραματικές δοκιμές πραγματοποιήθηκαν σύμφωνα με τις απαιτήσεις των προδιαγραφών στις οποίες παραπέμπει ο Ελληνικός Κανονισμός Τεχνολογίας Σκυροδέματος.

Για την επιτυχή πραγματοποίηση του εργαστηριακού μέρους καθώς και την συγγραφή της πτυχιακής εργασίας προηγήθηκε προεκπαίδευση της σπουδάστριάς σε όλες τις δοκιμές που αφορούν την πτυχιακή εργασία ως εξής:

α) Στο εργαστήριο Ποιοτικού Ελέγχου και Τεχνολογίας Υλικών του Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ κατά το τυπικό χειμερινό εξάμηνο σπουδών 2002/2003 καθώς και κατά το εαρινό εξάμηνο 2003/2004 άτυπης εξάμηνης (μη αμειβόμενης) προπρακτικής άσκησης.

Στο σημείο αυτό οφείλονται ευχαριστίες στους ακόλουθους καθηγητές και συναδέλφους χωρίς την βοήθεια των οποίων θα ήταν αδύνατη η πραγματοποίηση της πτυχιακής εργασίας και η όποια επιτυχία της.

\* Αρχικά στον δάσκαλό μου κ. Φ. Φωτόπουλο, υπεύθυνο του εργαστηριακού ποιοτικού ελέγχου και τεχνολογίας υλικών του Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ για την πολύτιμη βοήθειά του στον σχεδιασμό της συσκευής καθώς και στην βαθμονόμησή της.

\* Στον κ. Α. Φωτόπουλο και στον Ν. Νικολάου χημικούς μηχανικούς, εργαστηριακούς συνεργάτες του Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ καθώς και οι επιβλέποντες της πτυχιακής εργασίας για την εκπαίδευση σε θέματα ποιοτικού ελέγχου.

\* Στον κ.Σ. Κρητικό φοιτητή του τμήματος Πολιτικών Δομικών Έργων του Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ για την πολύτιμη βοήθεια του στην σχεδίαση της συσκευής.

\* Στον πατέρα μου κ.Α. Δέδε, μηχανολόγο μηχανικό του Οργανισμού Σιδηροδρόμων Ελλάδος για την κατασκευή τμημάτων της συσκευής στο εργοστάσιο του Ο.Σ.Ε. στον ΠΕΙΡΑΙΑ.

Για την κατασκευή της συσκευής απαιτήθηκαν υλικά και κατεργασίες ακριβείας, με αρκετά υψηλό κόστος, και θα ήταν πολύ δύσκολη η ολοκλήρωσή της αν δεν υπήρχε η ευγενική προσφορά, σε υλικά και εργασία των κατωτέρω επιχειρήσεων στις οποίες οφείλονται ευχαριστίες:

1) «Arenal s.a» Ανώνυμος εμπορική εταιρεία αλουμινίου, που παρεχώρησε τα υλικά σε αλουμίνιο που απαιτήθηκαν.

2) Οργανισμός Σιδηροδρόμων Ελλάδος - Κεντρικό Εργοστάσιο Πειραιά όπου έγιναν οι απαιτούμενες συγκολλήσεις αλουμινίου με αυτόματη μηχανή ευγενούς αερίου Argon, για ποιοτικές συγκολλήσεις. Επίσης εκεί κατασκευάστηκε το πρώτο χαλύβδινο καπάκι από άξονα τρένου.

3) ΚΡΑΒΑΡΙΩΤΗΣ Κ' ΥΙΟΣ, που χύτευσε το καπάκι της συσκευής, το οποίο απέτυχε λόγω πόρων διαφυγής του αέρα, και που προμήθευσε και τοποθέτησε τα τέσσερα ανοξείδωτα ρυθμιζόμενα clips συγκρατήσεως.

4) KIMI s.a Ανώνυμος Ελληνική Κατασκευαστική Εταιρεία, που επιμελήθηκε όλες τις μηχανουργικές κατεργασίες.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ**

### **Τμήματα συσκευής:**

Συσκευή αεροπεριεκτικότητας τύπου Β αποτελείται από ένα μετρητικό μπώλ και ένα καπάκι. Η αρχή λειτουργίας του έγκειται στην εξισορρόπηση ενός γνωστού όγκου αέρα υπό γνωστή πίεση σε αεροστεγές χώρο συμπίεσης, με τον άγνωστο όγκο αέρα στο δείγμα σκυροδέματος. Οι ενδείξεις πίεσης στο μανόμετρο αντιστοιχούν σε ποσοστά αέρα μέσω της καμπύλης βαθμονόμησης του μανόμετρου.

### **Μετρητικό μπώλ (ή δοχείο):**

Το μετρητικό μπώλ είναι ένα κυλινδρικό δοχείο από τούμπο αλουμινίου. Έχει διάμετρο  $d=186\text{mm}$  και  $V=7,93076\text{l} > 6\text{l}$ . Είναι κατασκευασμένο έτσι ώστε να παρέχει στεγανότητα μεταξύ του μπώλ και του καπακιού. Όλα τα τμήματα που το αποτελούν έχουν λείες επιφάνειες.

### **Καπάκι:**

Το καπάκι κατασκευάστηκε από μασίφ κυλινδρικό άξονα αλουμινίου διαστάσεων  $220\text{mm} \times 105\text{mm}$ . Οι επιφάνειες του είναι λείες. Στο καπάκι υπάρχει ο χώρος όπου πρεσάρεται ο αέρας πριν το test καθώς και όλα τα όργανα. Στο καπάκι βρίσκονται δυο βάνες για εισαγωγή και εξαγωγή νερού, απαραίτητες για την προετοιμασία του πειράματος. Επίσης υπάρχει το μανόμετρο που συνοδεύεται από πίνακα αντιστοιχίας πίεσης και ποσοστό αέρα επί τοις εκατό μία βαλβίδα για την είσοδο αέρα με τράμπα χειρός στο πλάι, και τρεις εισόδους από πάνω μια για την ακριβή ρύθμιση της καθορισμένης πίεσης  $1\text{ atm}$  και δύο για την επικοινωνία του πιεσμένου αέρα με το μετρητικό μπώλ. Το μετρητικό μπώλ αλλά και το καπάκι είναι επαρκώς συμπαγή για να περιορίζεται ο συντελεστής διαστολής  $D$ . Επίσης για την εξασφάλιση του αεροστεγούς κλεισίματος της συσκευής υπάρχει 0-ring σε αυλάκι εσωτερικά της περιμέτρου της βάσης του καπακιού και κατάλληλος μηχανισμός clips που εξασφαλίζει εξωτερικά σταθερότητα στην ένωση των δύο τμημάτων.

## Κατασκευή

Το κυλινδρικό δοχείο κατασκευάστηκε από κοίλο άξονα αλουμινίου διαστάσεων εμπορίου  $\Phi$  200 x 180mm και ύψος 400mm.κατεργάστηκε σε τόρνο με τελικές διαστάσεις  $\Phi$  186 x 197mm και ύψος 304mm. Στο κάτω μέρος συγκολλήθηκε φλάντζα αλουμινίου πάχους 9mm, αφού κατεργάστηκε με εξωτερική διάμετρο 186mm δηλαδή όση η εσωτερική διάμετρος του δοχείου ώστε να συγκολληθεί πρόσωπο και να είναι πλέον κλειστό, από το ένα μέρος, το κυλινδρικό δοχείο, καθαρών εσωτερικών διαστάσεων  $\Phi$  186 και ύψος 295mm.

Στο άνω μέρος εξωτερικά συγκολλήθηκε δακτύλιος από το ίδιο υλικό διαστάσεων  $\Phi$  197 x 214 και ύψος 60mm, ώστε επ' αυτού να στερεωθούν τα clips συγκρατήσεως του καπακιού.

Όλες οι συγκολλήσεις έγιναν με αυτόματη μηχανή συγκολλήσεως με χρήση αδρανούς αερίου (Argon) ώστε να μην δημιουργηθούν πόροι ή φυσαλίδες.

Το καπάκι κατασκευάστηκε κατ' αρχάς από χάλυβα κατασκευών St 60 διαστάσεων  $\Phi$  220, L= 105mm. Μετά την ολοκλήρωση της κατεργασίας στον τόρνο, διαπιστώθηκε ότι το βάρος της όλης κατασκευής, λόγω του χαλύβδινου πώματος, ήταν αρκετά μεγάλο. Για να ξεπεραστεί το πρόβλημα αποφασίστηκε να φτιαχτεί από αλουμίνιο με χύτευση στο χώμα, χρησιμοποιώντας ως καλούπι το χαλύβδινο. Αφού έγιναν όλες οι προβλεπόμενες κατεργασίες, (διανοίξεις οπών για βαλβίδες, μανόμετρο κ.λ.π.), στερεώθηκαν και οι τρεις ασφάλειες συγκράτησης του καπακιού με το δοχείο (clips) ανά 120°. Η στεγανοποίηση έγινε μέσω ελαστικού O-ring.

Κατά την δοκιμή της συσκευής στο εργαστήριο με Π.Ε.Τ.ΥΛ. του Τ.Ε.Ι.

ΠΕΙΡΑΙΑ διαπιστώθηκαν δυο νέα προβλήματα:

1) Το χυτό καπάκι αλουμινίου παρουσίαζε, λόγω ύπαρξης πόρων, διαφυγή του αέρα από τον χώρο συμπίεσης που υπάρχει σε αυτό.

2) Τα τρία clips που δεν ήσαν ρυθμιζόμενης σύσφιξης, δεν άντεξαν την πίεση 1 atm υπό την οποία γίνεται ο έλεγχος με αποτέλεσμα απώλειες από την επαφή καπακιού και δοχείου.

Κρίθηκε αναγκαίο να κατασκευαστεί ξανά από την αρχή το καπάκι. Αυτήν την φορά επιλέχθηκε μασίφ άξονας αλουμινίου διαστάσεων  $\Phi 220 \times 105\text{mm}$ , με κατεργασία στον τόρνο, ενώ τα δυο αυλάκια διαφυγής του αέρα κατασκευάστηκαν στην φραιζα.

Η στερέωση του καινούριου καπακιού έγινε με τέσσερα clips ρυθμιζόμενης έντασης, ανοξειδωτα ανά  $90^\circ$  περιφερειακά.

Στον νέο έλεγχο που υποβλήθηκε η συσκευή, στο εργαστήριο Π.Ε.Τ.ΥΛ. του Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ, λειτούργησε αποτελεσματικά.



## **Υλικά Κατασκευής**

Υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή των τμημάτων της συσκευής:  
Το μετρητικό μπώλ είναι απο (tubo) διάτρητο αλουμίνιο, η βάση έκλεισε με κυκλική φλάντζα αλουμινίου. Το καπάκι αρχικά έγινε από χυτό αλουμίνιο αλλά λόγω προβλήματος στον πρώτο έλεγχο κατασκευάστηκε από την αρχή από μασίφ κυλινδρικό κομμάτι αλουμινίου διαστάσεων  $d=220\text{mm}$ ,  $h=105\text{mm}$  ( $d$ =διάμετρος,  $h$ =ύψος) κατεργασμένο στον τόρνο.

## **Όργανα Βαθμονόμησης**

Όργανα που χρησιμοποιήθηκαν για την βαθμονόμηση του μετρητικού μπώλ, πιο συγκεκριμένα για τον προσδιορισμό του όγκου του V.

Ζυγαριά O Haus 20kg με ακρίβεια 1gr

Γυάλινος δίσκος

Θερμόμετρο

Υδροβολέας 500ml

Όργανα για την βαθμονόμηση του μανόμετρου:

Υδροβολέας 500ml

Δοχείο συλλογής νερού 1L

Ζυγαριά ηλεκτρονική 1 kg με ακρίβεια 0,01 gr

Θερμόμετρο

## **Σχεδιασμός**

### **Περιγραφή:**

Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε καθορίζει την περιεκτικότητα του αέρα στο φρέσκο αναμεμιγμένο σκυρόδεμα μέσω παρατήρησης της διαφοράς του όγκου με εφαρμογή πίεσης. Αυτή η μέθοδος αφορά σε σκυρόδεμα και κονίαμα από σχετικά χονδρά αδρανή.

Δεν εφαρμόζεται σε σκυρόδεμα από ελαφριά αδρανή ή αδρανή με μεγάλο πορώδες εξαιτίας του μεγέθους του διορθωτικού συντελεστή συγκριτικά με τον παγιδευμένο αέρα του δείγματος σκυροδέματος. Η αεροπεριεκτικότητα του φρέσκου αναμεμιγμένου σκυροδέματος υπολογίζεται από τον αέρα που παγιδεύεται στα κενά των αδρανών γι' αυτό και χρησιμοποιούνται χονδρόκοκκα. Η μέθοδος της πίεσης δίνει ουσιαστικά τα ίδια αποτελέσματα με τις άλλες δύο μεθόδους, την βαρομετρική και την ογκομετρική, για χονδρά αδρανή.

Η περιεκτικότητα σε αέρα στο σκληρυμένο σκυρόδεμα μπορεί να είναι μεγαλύτερη ή μικρότερη από αυτή που υπολογίζεται με την μέθοδο πίεσης. Αυτό εξαρτάται από παράγοντες όπως:

- την ομοιομορφία και την σταθερότητα των φυσαλίδων στο φρέσκο και σκληρυμένο σκυρόδεμα
- τον χρόνο σύγκρισης
- συνθήκες κατά την παράδοση κ.α.

### **Αρχή λειτουργίας:**

Η αρχή λειτουργίας της συσκευής βασίζεται στον νόμο Boyle-Mariotte. Ο νόμος Boyle- Mariotte εκφράζει την πίεση συναρτήσει του όγκου των αερίων πιο συγκεκριμένα υπό σταθερή θερμοκρασία, η πίεση δεδομένης ποσότητας ενός αερίου είναι αντιστρόφως ανάλογη του όγκου.

Στην συσκευή αεροπεριεκτικότητας γεμίζεται ο χώρος συμπίεσης, στο καπάκι με αέρα πίεσης 1 atm. Στην συνέχεια αφήνεται ελεύθερος στο δοχείο όπου βρίσκεται το σκυρόδεμα με το νερό. Σύμφωνα με τον Νόμο των Boyle- Mariotte τα υγρά δεν συμπιέζονται και κατ' επέκταση η πίεση θα εξακολουθούσε να δείχνει 1 atm. Αντίστοιχα αν υπάρχει παγιδευμένος αέρας στο μείγμα θα συμπιεστεί και θα αλλάξει η ένδειξη του μανόμετρου.

### **Μεταβολή Όγκου**

Ο όγκος του δοχείου βαθμονομήθηκε σε θερμοκρασία περιβάλλοντος 23<sup>0</sup> C και βρέθηκε  $V_g = 7,9307$  l. Το μετρητικό μπώλ είναι κατασκευασμένο από αλουμίνιο με γραμμικό συντελεστή  $\gamma = 25 \cdot 10^{-6}$  ανά βαθμό Κελσίου. Σε ενδεχόμενη χρήση του δοχείου υπό διαφορετική θερμοκρασία βρέθηκε από αντίστοιχη μελέτη για γυάλινο δοχείο, με ίδιο γραμμικό συντελεστή  $\gamma$ , πως η μεταβολή του όγκου του είναι ελάχιστη. Κατ' επέκταση ο όγκος του δοχείου λαμβάνεται ίδιος με την μέτρηση που έγινε στο εργαστήριο Π.Ε.Τ.ΥΛ. του Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ είτε χρησιμοποιηθεί σε χαμηλότερες είτε σε υψηλότερες θερμοκρασίες περιβάλλοντος (παρατίθεται ο πίνακας μεταβολής του όγκου του γυάλινου δοχείου).

θερμοκρασία	στα	θερμοκρασία	στα
σε κελσίου	2 ml	σε κελσίου	2 ml
15	0,25	23	-0,15
16	0,2	24	-0,2
17	0,15	25	-0,25
18	0,1	26	-0,3
19	0,05	27	-0,35
21	-0,05	28	-0,4
22	-0,1	29	-0,45
		30	-0,5

ΠΙΝΑΚΑΣ1

## Διαδικασία Βαθμονόμησης

### 1. Βαθμονόμηση ζυγαριάς O Haus

Αρχικά ελέγχουμε την ακρίβεια της ζυγαριάς O Haus με πρότυπα βάρη.

πρότυπο	ένδειξη
gr	ζυγαριάς(gr)
100	101
150	151
170	171

ΠΙΝΑΚΑΣ2

### Συμπέρασμα :

Η ζυγαριά προσθέτει 1 gr, επομένως σε κάθε μέτρηση που θα λαμβάνεται θα αφαιρείται η διαφορά.

### 2. Βαθμονόμηση δοχείου (μετρητικό μπωλ)

Μηδενίζεται η ζυγαριά O Haus μαζί με το δοχείο και το τζάμι. Το δοχείο γεμίζεται με νερό θερμοκρασίας  $23 \pm 1,8^{\circ} \text{C}$ , με την χρήση του υδροβολέα συμπληρώνεται νερό ως το χείλος του δοχείου ενώ παράλληλα εφαρμόζεται το τζάμι και σπρώχνεται ώστε να κλείσει το δοχείο με τέτοιο τρόπο που να μην κρατηθούν φυσαλίδες στην επιφάνεια μεταξύ νερού και τζαμιού. Τοποθετείται το δοχείο με το νερό και το τζάμι στην ζυγαριά. Το αποτέλεσμα δίνει το βάρος του νερού. Για να βρεθεί ο όγκος του νερού αυτού και κατ' επέκταση του δοχείου, χρησιμοποιείται το ειδικό βάρος του νερού για την θερμοκρασία που μετρήθηκε πριν τη ζύγιση.

Θερμοκρασία νερού, C	ειδικό βάρος
22,5	0,997451
22	0,997802
21,5	0,997204

ΠΙΝΑΚΑΣ3

Η θερμοκρασία του νερού ήταν  $21,5^{\circ}\text{C}$  το ειδικό βάρος του νερού ( $\gamma$ ) σε αυτήν την θερμοκρασία είναι  $\gamma=0,9972040$ .

Το τζάμι μαζί με το δοχείο ζύγιζαν  $6,322\text{ kg}$  (διορθωμένη τιμή).

Το νερό ζύγιζε  $7,953\text{ kg}$  (διορθωμένη τιμή).

Αντίστοιχα σε litre:

Τα  $1000\text{ gr}$  νερό  $\longrightarrow$   $0,9972040\text{ l}$

$7953\text{ gr}$  νερό  $\longrightarrow$   $x$

$$x = \frac{0,9972040 \times 7953\text{ l}}{1000} = 7,93076\text{ l}$$

Άρα ο όγκος του δοχείου είναι  $V_{\delta}=7,93076\text{ l}$

### **3. Βαθμονόμηση μανόμετρου**

Η βαθμονόμηση του μανόμετρου γίνεται για να δημιουργηθεί το διάγραμμα που θα μετατρέπει την ένδειξη πίεσης του μανόμετρου σε ποσοστό αέρα κατ' όγκο.

Γεμίζεται το δοχείο με νερό και κλείνει η συσκευή αεροστεγώς ασφαρίζοντας με τα clips. Από τις βάνες εισάγεται νερό, προσέχοντας την ροή ώστε να μην συγκρατηθούν φυσαλίδες, μέχρις ότου ξεχειλίσει από την δεύτερη βάνα. Κλείνονται οι βάνες. Με την τρόμπα χειρός συμπιέζεται ο αέρας στον κενό χώρο του καπακιού με πίεση  $1\text{ atm}$  συν. Γίνεται παύση λίγων δευτερόλεπτων ώστε να αποκτήσει ο πεπιεσμένος αέρας θερμοκρασία περιβάλλοντος και με τον διακόπτη ρυθμίζεται η πίεση στην  $1\text{ atm}$  (ρυθμιστική πίεση ή πίεση λειτουργίας).

Τέλος με τον δεύτερο διακόπτη αφήνεται ο αέρας να περάσει στο κάτω μέρος και ολοκληρώνεται ο έλεγχος. Επαναλαμβάνεται η διαδικασία αφαιρώντας κάθε φορά νερό γνωστού όγκου και θερμοκρασίας. Με την βοήθεια αυτών των επαναλαμβανόμενων μετρήσεων, δημιουργείται η καμπύλη ανάγνωσης αεροπεριεκτικότητας.

**Παρατήρηση (1):** Όταν ολοκληρωθεί η εισαγωγή αέρα στον κενό χώρο του καπακιού με την τρόμπα, απομακρύνεται η βαλβίδα από την συσκευή γιατί υπάρχει πιθανότητα να χαθεί αέρας.

**Παρατήρηση (2):** Το τρίτο δεκαδικό στην ένδειξη του μανομέτρου είναι προσεγγιστικό.

**Παρατήρηση (3):** Κατά την δοκιμή παραμένει συνεχώς το μανόμετρο σε κατακόρυφη θέση γιατί το βάρος της βελόνας έχει συνυπολογιστεί στην ένδειξη του μανομέτρου.

**Παρατήρηση (4):** Δεν δύναται να επαναληφθεί η δοκιμή (test) χωρίς αποσυμπίεση γιατί κρατείται αέρας από τον διακόπτη του test ως το σημείο παροχής αέρα στο δοχείο δοκιμών (μετρητικό μπωλ).

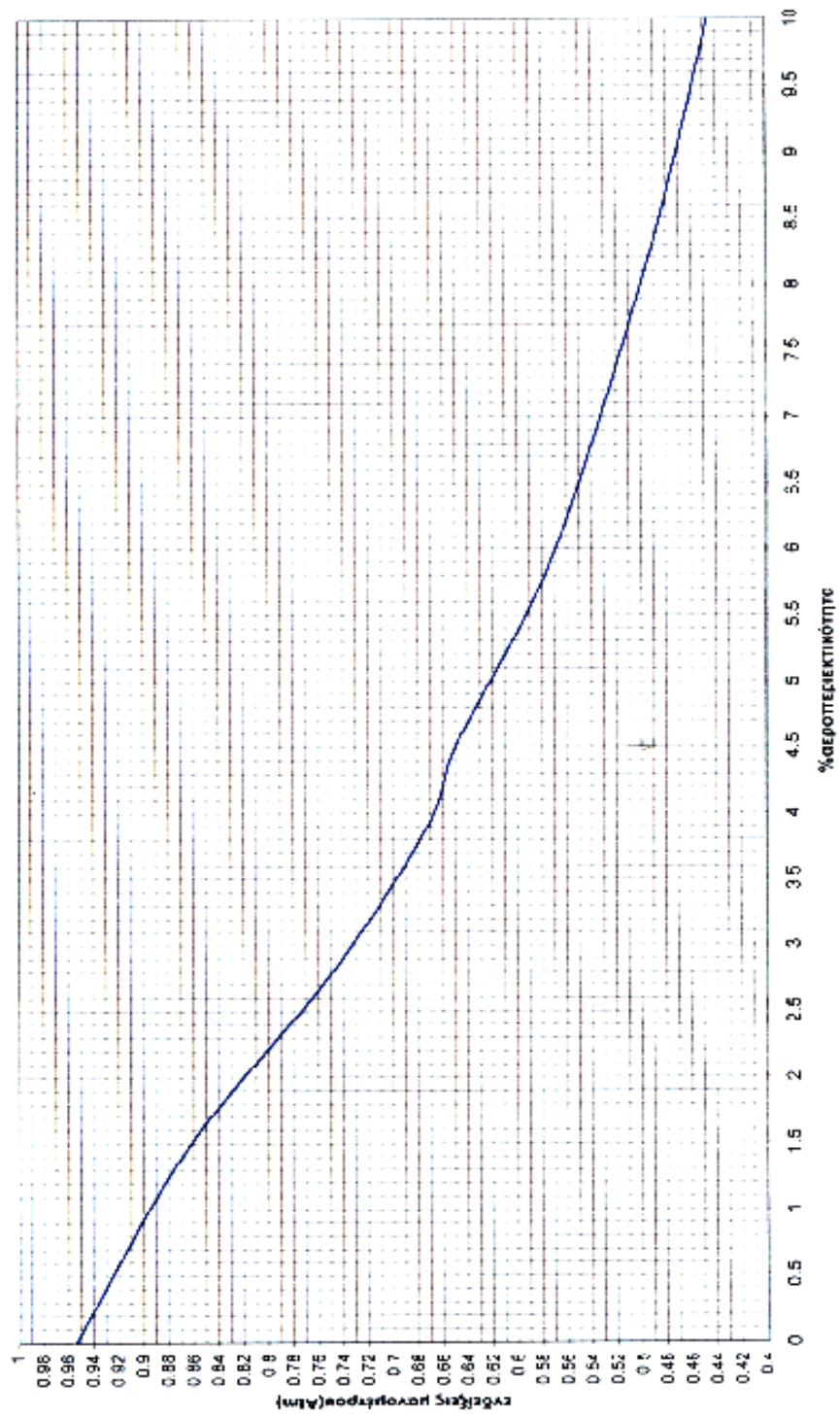
## Μετρήσεις

<b>A πίνακας</b>	(Atm)ενδειξη	νερό που
	μανομέτρου	αφαιρείται,gr
	0,952	0
	0,829	134
	0,722	203
	0,645	307,22

Το test A. ακυρώνεται γιατί κατά την εξαγωγή νερού από την βάνα χύθηκε κάποια ποσότητα εκτός δοσομετρητή.

<b>B πίνακας</b>	(Atm)ενδειξη	νερό που	μετατροπή	αερο/τα
	μανομέτρου	αφαιρείται,gr	litra	%κ.ο
	0,955	0	0	0
	0,865	117,17	0,117	1,473
	0,748	223,99	0,223	2,817
	0,673	310,53	0,31	3,905
	0,65	359,14	0,358	4,516
	0,585	450,74	0,449	5,668
	0,545	530,22	0,529	6,668
	0,5	639,64	0,638	8,045
	0,48	692,84	0,691	8,714
	0,445	803,12	0,801	10,101
	0,42	912,17	0,91	11,472
	0,378	1052,97	1,05	13,243
	0,355	1187,92	1,185	14,94
	0,32	1367,92	1,364	17,204
	0,28	1659,09	1,655	20,866

Βαθμώμηση μανομέτρου δοχείου αεροπερικτιότητας





**Παρατήρηση (5):** Όταν το δοχείο είναι γεμάτο και χρειάζεται να αποσυμπιεστεί, αδειάζεται πρώτα ο αέρας από τον χώρο συμπίεσης στο καπάκι μέσω του ενός διακόπτη ,έπειτα με τον άλλο διακόπτη ανεβαίνει ο αέρας από το δοχείο στο καπάκι και πάλι με τον πρώτο διακόπτη τον ελευθερώνουμε. Η διαδικασία αποσυμπίεσης πρέπει να γίνει σταδιακά για να αποτραπεί να ανέβει το υλικό του δοχείου μέσω του πνευματικού σωλήνα στο χώρο συμπίεσης του αέρα. Δεύτερος τρόπος αποσυμπίεσης είναι να ανοιχθεί ο διακόπτης ώστε να φύγει ο πεπιεσμένος αέρας από τον χώρο στο καπάκι μέχρι να δείξει μηδέν το μανόμετρο. Έπειτα ανοίγονται σιγά σιγά οι βάνες και μπορεί πλέον να ανοιχθεί το δοχείο. Αυτός ο τρόπος εφαρμόζεται όταν το δοχείο είναι γεμάτο για να μην ανεβεί νερό ή άλλο υλικό στο χώρο πεπιεσμένου αέρα.



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ**

### **Θέμα**

Μέτρηση αεροπεριεκτικότητας νωπού πρότυπα συμπυκνωμένου σκυροδέματος με την μέθοδο της πίεσης.

### **Σκοπός**

Να γίνει σύγκριση της μέτρησης της αεροπεριεκτικότητας της συσκευής που κατασκευάστηκε ως πτυχιακή εργασία, σε νωπό πρότυπα συμπυκνωμένο σκυρόδεμα, με την μέτρηση της εργοστασιακής συσκευής της ΕΡΓΑΝΗ Α.Ε.

### **Όργανα**

Μεταλλική ράβδος, σέσουλα με τετράγωνο στόμα, υδροβολέα, ματσόλα, μυστρί, ζυγαριά O Haus 20 kg

### **Υλικό**

Σκυρόδεμα κατηγορίας C20/25 25 βαθμών Κελσίου, κάθισης  $S_2= 90\text{mm}$

Προέλευση: ΕΡΓΑΝΗ Α.Ε. Καρέας Βύρωνας, Αττική

Τόπος Ελέγχου: Εργαστήριο Ποιοτικού Ελέγχου  
ΕΡΓΑΝΗΣ Α.Ε.

Ημερομηνία Παραλαβής Υλικού: 13/10/2005

Ημ/νια Ώρα Ελέγχου: 13/10/2005 – 10:15

### **Συνεργάτης-Βοηθός:**

Χρήστος Χατζηγιάννης

## **Διαδικασία:**

Γεμίζονται εναλλάξ τα δυο δοχεία των συσκευών αεροπερικεκτικότητας. Κάθε δυο σεσουλιές οι οποίες θα είναι δείγμα από κοντινές περιοχές της μάζας του σκυροδέματος για ομοιομορφία, μετακινείται το σημείο λήψης δείγματος για να υπάρχει τελικά, στα δοχεία αντιπροσωπευτικό δείγμα σκυροδέματος.

Το γέμισμα γίνεται σε 3 ισοϋψείς στρώσεις, κάθε στρώση δέχεται 25 χτυπήματα με την μεταλλική ράβδο για να απομακρυνθεί ο παγιδευμένος αέρας και εξωτερικά χτυπήματα με την ματσόλα ως το σημείο εφίδρωσης. Στο τέλος λειαίνεται η επιφάνεια με το μυστρί και καθαρίζονται καλά τα χείλη του δοχείου ώστε να κλείσει αεροστεγώς, ασφαρίζεται η συσκευή.

Συμπληρώνονται τα κενά με νερό από τις βάνες μέχρι να ξεχειλίσει. Κλείνονται οι βάνες και γεμίζεται ο χώρος αέρα στο καπάκι με αέρα πίεσης 1 atm συν. Αφαιρείται η βαλβίδα της τρόμπας για να μην χαθεί αέρας και με τον ένα διακόπτη ρυθμίζεται η πίεση στην 1 atm ακριβώς. Με τον άλλο διακόπτη γίνεται το test. Καταγράφεται η ένδειξη του μανομέτρου. Πατώντας τον 1ο διακόπτη αποσυμπιέζεται ο αέρας από τον χώρο συμπίεσης και στην συνέχεια ανοίγονται σιγά σιγά οι βάνες για να ολοκληρωθεί η αποσυμπίεση.

**Παρατήρηση (1):** Στο δοχείο του εργοστασίου συμπληρώθηκε μια σέσουλα

παραπάνω εξαιτίας της διαφορετικής του γεωμετρίας και του ελαφρώς μεγαλύτερου όγκου του.

**Παρατήρηση (2):** Κάθε στρώση δέχτηκε εξωτερικά από έξι χτυπήματα με την

ματσόλα και στα δύο δοχεία.

## Μετρήσεις

	Συσκευή πτυχιακής	Συσκευή εργοστασίου
Β.δοχείου	4.642 Kg	4.315 Kg
ψεύτ.απόβαρο	0.651Kg	0.326Kg
Μικτό βάρος	19.694Kg	19.496Kg
λίτρα	7,931	8,006
Φ.Β.σκυρ/τος	2.401Kg/m <sup>3</sup>	2.394Kg/m <sup>3</sup>
ποσοστό αέρα	1,62%	1,60%

ΠΙΝΑΚΑΣ4

### Συμπέρασμα:

Η ανάγνωση του μανομέτρου στο δοχείο της πτυχιακής ήταν 0,79 atm. Σε αυτήν την ένδειξη προστέθηκε η πτώση της πίεσης 0,045 atm όπως φαίνεται στο διάγραμμα βαθμονόμησης. Η πτώση αυτή οφείλεται στον αέρα που κρατείται στα σωληνάκια της συσκευής που ενώνουν τον χώρο πετρευσμένου αέρα με το δοχείο. Τελικά

συσκευή πτυχιακής :  $0,79+0,45=0,835$   $\longrightarrow$  1,62% αέρα  
συσκευή εργοστασίου : 1,75% ένδειξη με διόρθωση  $\longrightarrow$  1,6% αέρα

## Γενικό Συμπέρασμα

Η συσκευή μέτρησης αεροπεριεκτικότητας του νωπού πρότυπα συμπιεσμένου σκυροδέματος απεδείχθη απόλυτα ακριβής σε σύγκριση με την ποιοτικώς πιστοποιημένη συσκευή του εργοστασίου. Αυτό οφείλεται στην προσοχή που δόθηκε στη σχεδίαση, στους υπολογισμούς, στην σωστή επιλογή υλικών και στην ακριβή μηχανουργική κατεργασία.

## **Κοστολόγηση**

### 1) Κατασκευή μετρητικού μπωλ

- α) Αλουμίνιο 80 €
- β) Εργατοώρες τόνου 60 €
- γ) Εργασία συγκολλήσεως 30 €

### 2) Κατασκευή καπακιού

- α) Αλουμίνιο 150 €
- β) Εργατοώρες (τόνου, φραιζας, δράπανου) 150€

### 3) Έμβολο καπακιού

Αλουμίνιο και κατεργασία 30 €

### 4) Φλάντζα καπακιού

Χαλύβδινη φλάντζα, κατεργασία και προσαρμογή 50€

### 5) Όργανα

- α) Μανόμετρο, βάνες, βαλβίδες και προσαρμογή 100 €
- β) Διακόπτες αέρος διπλής ενέργειας, προσαρμογή 120€
- γ) Ελαστικά O-ring (στεγανοποίησης) 5 €
- δ) Ανοξειδωτα clips ρυθμιζόμενης έντασης και εργασία προσαρμογής 60 €

Συνολικό κόστος κατασκευής 835 €. Από το συνολικό κόστος των 835 € η οικονομική επιβάρυνση της σπουδαστριας ήταν 200 € .

## **Βιβλιογραφία**

-Ευρωπαϊκός κανονισμός τεχνολογίας σκυροδέματος  
Έγγραφο CEN/ TC 104 –ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ  
7η Έκδοση

-Αμερικάνικος κανονισμός τεχνολογίας σκυροδέματος  
ASTM C 231- 97

-CRC Handbook of Chemistry and Physics  
65η έκδοση 1984-1985  
Αρχισυντάκτης: Robert C. Weast, Ph. D  
Συνεργάτες Εκδότες: Melvin J. Astle, Ph. D  
William H. Beyez, Ph. D , Florida